

# Gas sensor measuring lambda in e.g. internal combustion engine exhaust system

Publication number: DE19805023

Publication date: 1999-08-12

Inventor: SCHNAIBEL EBERHARD (DE); NEUMANN HARALD DR (DE); RIEGEL JOHANN DR (DE); DIEHL LOTHAR DR (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- international: G01N27/419; G01N27/417; G01N27/417, (IPC1-7); G01N27/417

- European: G01N27/417

Application number: DE19981005023 19980209

Priority number(s): DE19981005023 19980209

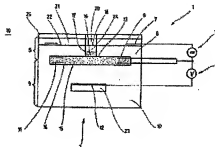
Also published as:

US6436277 (B2)  
US2001050229 (A1)  
JP2000065792 (A)

Report a data error here

## Abstract of DE19805023

The porous protective layer (21) is covered by a layer (25) of comparatively higher density or lower porosity. Preferred Features: The covering layer (25) facing into the gas measurement chamber (19), and the protective layer (21) both have the same high density or low porosity. The gas inlet passage (18) is connected to a gas outlet passage (17), formed at least partially as a cavity (24). The gas inlet opening has a porous cover (20) forming part of the protective layer. The gas passage (17) contains porous material (16). The gas chamber (13) contains porous material or is empty. The electrochemical element (2), especially its solid electrolyte body (10), has an inner gas chamber (23) containing reference gas, to which the fourth electrode (12) is exposed. The gas chamber is constructed from an inner cavity with porous filling, surrounded by first and second solid electrolyte bodies (6, 10). The layer (25) thickness is 20 mu m.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



13 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
DE 198 05 023 A 1

9 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 N 27/417

21 Aktenzeichen: 198 05 023.2  
22 Anmeldetag: 9. 2. 98  
23 Offenlegungstag: 12. 8. 99

DE 198 05 023 A 1

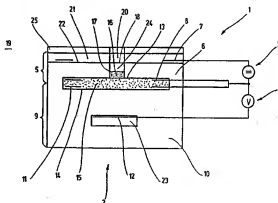
17 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

27 Erfinder:  
Schnaibel, Eberhard, 71262 Hemmingen, DE;  
Neumann, Harald, Dr., 71665 Vaihingen, DE; Riegel,  
Johann, Dr., 74321 Bietigheim-Bissingen, DE; Diehl,  
Lothar, Dr., 70499 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Elektrochemischer Meßfühler

57 Die Erfindung betrifft einen elektrochemischen Meßfühler zum Bestimmen einer Gaskonzentration eines Meßgases mit einem elektrochemischen Element, umfassend einen ersten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Pumpzelle und einer ersten und einer zweiten Elektrode und mit einem Gasraum, der über eine Gaszutrittsöffnung mit dem Meßgasraum verbunden ist und in dem eine der beiden Elektroden angeordnet ist, und umfassend einen zweiten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Sensorzelle (Nernstzelle) und einer dritten und einer vierten Elektrode, wobei die dem Meßgasraum zugewandte Fläche des ersten Festelektrolytkörpers und die Gaszutrittsöffnung von einer porösen Schutzschicht bedeckt ist. Der elektrochemische Meßfühler zeichnet sich dadurch aus, daß der porösen Schutzschicht (21) eine Schicht (25) zugeordnet ist, die gegenüber der Schutzschicht (21) eine höhere Dichte oder eine geringere Porosität aufweist.



DE 198 05 023 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Meßfühler, insbesondere einen elektrochemischen Meßfühler, mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

## Stand der Technik

Elektrochemische Meßfühler der gattungsgemäßen Art sind bekannt. Sie umfassen ein elektrochemisches Element, welches eine elektrochemische Pumpzelle mit einem vorzugsweise planaren ersten Festelektrolytkörper und einer ersten und einer zweiten vorzugsweise porösen Elektrode aufweist. Diese Meßfühler umfassen weiterhin eine mit einer Pumpzelle zusammenwirkende elektrochemische Sensorzelle mit einem vorzugsweise planaren zweiten Festelektrolytkörper und einer dritten und einer vierten vorzugsweise porösen Elektrode. Dieser Meßfühler umfaßt ferner eine Gaszutrittsöffnung und einen Gaszutrittskanal, so daß ein innerer, auch als Gasraum bezeichneter, Hohlraum mit einem Meßgasraum in Verbindung steht. In dem Hohlraum, der durch eine Ausnehmung in zumindest einem der Festelektrolytkörper gebildet ist, ist eine Diffusionswiderstandseinrichtung, angeordnet, welche eine poröse Füllung umfassen kann. Das Meßgas gelangt also über die Gaszutrittsöffnung und den Gaszutrittskanal in den Gasraum, wobei die erste und die zweite Elektrode der Pumpzelle regulierend auf den Zutritt des Meßgases in den Gasraum wirken und somit für einen kontrollierten Partialdruck der zu messenden Gaskomponente sorgen. Der elektrochemische Potentialunterschied zwischen der dritten und der vierten Elektrode des zweiten Festelektrolytkörpers stellt sich aufgrund der unterschiedlichen Gaspartialdrücke in der Diffusionswiderstandseinrichtung sowie einem beispielsweise im zweiten Festelektrolytkörper angeordneten Referenzgasraum ein. Dieser Potentialunterschied kann durch eine außerhalb des elektrochemischen Elements liegende Spannungsmesseinrichtung erfaßt werden.

Es wurde auch vorgeschlagen, die Gaszutrittsöffnung mit einer porösen Abdeckung zu überdecken, die ein Eindringen von flüssigen Anteilen, die im Meßgas enthalten sein können (z. B. Benzin), in das Innere des Meßfühlers, also im wesentlichen in den Gasraum, zu verhindern. Diese Abdeckung ist eine poröse Schicht auf der dem Meßgasraum zugewandten Fläche des elektrochemischen Elements. Die Abdeckung ist für das Meßgas durchlässig, stellt aber für im Meßgas enthaltenen flüssigen Anteile eine Barriere dar. Die in der Abdeckung zurückgehaltene, eingelagerte Flüssigkeit verdampft nach dem Einschalten einer vorgesehenen Heizung schnell. Die poröse Abdeckung ist auf der Außenpumpzelle angeordnet und besteht beispielsweise aus  $ZrO_2$ . Diese Abdeckung kann Platin enthalten und kann Sauerstoff aus dem Meßgas zum Pumpen bereitstellen. Darüber hinaus soll diese Abdeckung einerseits die Verschmutzung der Außenpumpzelle verhindern und andererseits die bereits erwähnte Barriere für die flüssigen Anteile im Meßgas bilden.

Das Meßgas wird indessen durch diese Schutzschicht wenig behindert, tritt durch diese rasch hindurch und gelangt so in die Außenpumpzelle. Das bedeutet, daß mit sich ändernder Gaszusammensetzung des Meßgases auch die Gasatmosphäre an der Außenpumpzelle sich sehr schnell ändern kann. Infolgedessen ändert sich auch die Leerstellenkonzentration an der Elektrode und damit der Innenwiderstand der Pumpzelle. Je nach Energieversorgung (Strom- oder Spannungsquelle) der Pumpzelle wird sich dann aber auch sofort der Pumpstrom verändern, noch bevor sich die Gaszusammensetzung im Hohlraum des Meßfühlers neu

eingestellt hat. Der Gasausgleich in dem Gasraum hinkt also hinter dem Gasausgleich an der Außenpumpzelle hinterher. Dieser Zusammenhang bewirkt das bekannte, aber unerwünschte Phänomen der Lambda=1-Welligkeit (Gegenschwing- oder Überschwingerscheinung des Ausgangssignals bei sprunghaftem Gaswechsel).

Meßfühler der oben beschriebenen Art haben unter der Fachbezeichnung planare Breiband-Lambdasonden beispielsweise in der Technik der katalytischen Abgasentgiftung von Verbrennungsmotoren Verwendung gefunden.

## Vorteile der Erfindung

Die Erfindung stellt einen elektrochemischen Meßfühler zum Bestimmen einer Gaskonzentration, zum Beispiel einer Sauerstoffkonzentration, eines Meßgases mit einem elektrochemischen Element bereit. Der Meßfühler umfaßt einen ersten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Pumpzelle, die eine erste und eine zweite Elektrode aufweist. Der Meßfühler weist ferner einen Gasraum auf, der über eine Gaszutrittsöffnung mit dem Meßgasraum verbunden ist und in dem eine der beiden Elektroden angeordnet ist. Weiterhin besitzt der Meßfühler einen zweiten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Sensorzelle (Nernstzelle), die eine dritte und eine vierte Elektrode umfaßt. Die dem Meßgasraum zugewandte Fläche des ersten Festelektrolytkörpers und die Gaszutrittsöffnung sind von einer porösen Schutzschicht bedeckt. Der erfindungsgemäße elektrochemische Meßfühler zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß der porösen Schutzschicht eine Schicht zugeordnet ist, die gegenüber der Schutzschicht eine höhere Dichte beziehungsweise eine geringere Porosität aufweist. Dadurch, daß eine Schutzschicht mit höherer Dichte beziehungsweise geringerer Porosität vorgesehen ist, wird der Zutritt des Meßgases zur Außenpumpzelle verzögert. Dies hat den Vorteil, daß sich der Pumpstrom erst ändert, wenn das Meßgas aus dem Hohlraum, also den Gasraum, erreicht hat. Dadurch wird die sogenannte Lambda=1-Welligkeit verhindert. Es wird also sichergestellt, daß der Zutritt des Meßgases zur Außenpumpzelle nicht erheblich früher als zur Innenpumpzelle, also zur zweiten Elektrode, und zur dritten Elektrode erfolgt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß die Schicht und die Schutzschicht dieselbe Dichte beziehungsweise Porosität aufweisen. Es ist also eine einzige Schicht gebildet, die quasi eine Doppelfunktion ausübt. Einerseits verhindert die Schutzschicht ein Eindringen von im Meßgas enthaltenen flüssigen Anteilen in den Gasraum. Andererseits wird der verzögerte Zutritt des Meßgases zur ersten Elektrode (Außenpumpzelle) erreicht. Darüber hinaus hat diese Schicht die Funktion, die Elektrodenalterung bedingt durch Abgasbestandteile zu verhindern.

Alternativ kann bei einem weiteren Ausführungsbeispiel vorgesehen sein, daß eine gasdichte Abdeckschicht beispielsweise aus  $ZrO_2$  Schicht auf der Schutzschicht angeordnet ist, also dem Meßgasraum zugewandt ist. Die Schicht weist in bevorzugter Ausführungsform eine Dicke auf, die 20 µm betragen kann. Die Schutzschicht kann dabei eine geringere Dichte als die gasdichte Abdeckschicht aufweisen.

Als Material für den Aufbau der Schicht und/oder der Schutzschicht des erfindungsgemäßen Meßfühlers wird dichtsinterendes Zirkondioxid bevorzugt. Alternativ kann Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) verwendet werden, das nanokristallin und daher dichtsinternd ist.

Die Gaszutrittsöffnung kann mit einem Gaszutrittskanal verbunden sein, der zumindest teilweise als Hohlraum ausgebildet ist und der mit einer porösen Füllung gefüllt sein kann. Dieser Hohlraum verhindert eine kapillare Weiterlei-

tung von Flüssigkeit wie Benzin zur inneren porösen Füllung. Seine Herstellung kann dadurch erfolgen, daß während des Sinterns sublimierbares Material ausgebrannt wird.

Die Gaszutrittsöffnung kann mit einer porösen Abdeckung überdeckt sein. Diese Abdeckung wird vorzugsweise aus einem porösen Material gebildet, das die Fortsetzung der porösen Schutzschicht sein kann, welche die dem Meßgasraum zugewandte Fläche des elektrochemischen Elements überzieht.

Zufolge einer Variante der Erfindung läßt man die üblicherweise in dem Gasraum vorgesehene poröse Füllung weg. Damit entfällt die Diffusionsbarriere, und der Zutritt des Meßgases zu der zweiten und der dritten Elektrode innerhalb des Gasraumes wird beschleunigt, so daß auch dadurch das Ziel der Erfindung, nämlich die gleich schnelle Einstellung der Zusammensetzung des Meßgases an allen drei Elektroden (erste bis dritte) erreicht werden kann.

Die Herstellung der erfindungsgetreuen elektrochemischen Meßfühler und ihrer elektrochemischen Elemente erfolgt zweckmäßigerweise, indem man von platten- oder folienförmigen sauerstoffleitenden Festelektrolyten, z. B. aus stabilisiertem Zirkonoxid, ausgeht und diese beidseitig mit je einer inneren und äußeren Pumpelektrode mit dazugehörigen Leiterbahnen beschichtet. Die innere Pumpelektrode befindet sich dabei in vorteilhafter Weise im Randbereich eines Diffusions- oder Gaszutrittskanals, durch den das Meßgas zugeführt wird, und der als Gasdiffusionswiderstand dient. Die so erhaltene Pumpzelle kann dann mit einer in ähnlicher Weise hergestellten Sensorzelle (Nernstzelle) aus einer zweiten Festelektrolytfolie und einer dritten, gegebenenfalls zu einer Heizeinheit ausgebildeten Festelektrolytfolie zusammenlaminiert und, z. B. bei 1300 bis 1550 Grad C, gesintert werden.

Für die Herstellung der porösen Füllungen geht man beispielsweise von porös sinternden Folienlagen aus keramischem Material mit geeignetem thermischen Ausdehnungsverhalten aus, das denjenigen der verwendeten Festelektrolytfolien entspricht oder nahe kommt. Vorzugsweise verwendet man für die Füllung eine Folieneinlage aus dem keramischen Material, aus dem auch die Festelektrolytfolien bestehen, wobei die Porosität der Einlage durch Porenbildner, wie Thermalrußpulver, organische Kunststoffe oder Salze erzeugt werden kann, die beim Sinterprozeß verbrennen, sich zersetzen oder verdampfen. Die Ausgangsmaterialien werden in solchen Mengenverhältnissen angewandt, daß sich nach dem Sintern Porenvolumen von 10 bis 50% ergeben, wobei der mittlere Porendurchmesser bei etwa 5 bis 50 µm liegt.

Die Erfindung bietet den Vorteil, daß der Gaszutritt aus dem Meßgasraum zu der Außenpumpelektrode gegenüber bekannten Vorrichtungen so weit verzögert wird, daß der Gaszutritt zu der Außenpumpelektrode nicht erheblich früher erfolgt als zu der Innenpumpelektrode ("zweite") bzw. zur Nerstelektrode ("dritte"), sondern daß das Meßgas die zweite und die dritte Elektrode in der Regel eher oder gleichzeitig erreicht wie die Außenpumpelektrode ("erste"). Damit werden die Nachteile des Standes der Technik, die z. B. in der beschränkten Reglerdynamik von Breitband-Lambdasonden, bedingt durch eine starke Lambda-Welligkeit, liegen, überwunden.

In besonders vorteilhafter Weise betrifft die Erfindung Breitband-Lambdasonden zur Bestimmung des  $\lambda$ -Wertes von Gasgemischen in Verbrennungsmotoren. Der  $\lambda$ -Wert oder die "Luftzahl" ist dabei als das Verhältnis des aktuellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses zum stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis definiert. Die Sonden ermitteln den Sauerstoffgehalt des Abgases über eine Grenzstromänderung.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit der zugehörigen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines elektrochemischen Meßfühlers und

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines elektrochemischen Meßfühlers.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Figur zeigt in einem Querschnitt einen elektrochemischen Meßfühler 1, umfassend ein elektrochemisches Element 2, eine Strom- oder Spannungsversorgungseinrichtung 3 sowie ein Spannungsmeßgerät 4. Das elektrochemische Element 2 weist eine elektrochemische Pumpzelle 5 auf, die aus einem ersten planaren Festelektrolytkörper 6, einer ersten porösen Elektrode 7 und einer zweiten porösen Elektrode 8 aufgebaut ist. Das im folgenden lediglich als Element 2 bezeichnete elektrochemische Element weist weiterhin eine elektrochemische Sensorzelle (Nernstzelle) 9 auf, die aus einem zweiten Festelektrolytkörper 10 sowie einer dritten Elektrode 11 und einer vierten Elektrode 12 aufgebaut ist. Die Pumpzelle 5 wird an der ersten und der zweiten Elektrode 7, 8 mittels der externen Spannungsversorgungseinrichtung 3 mit Spannung versorgt. Der erste und der zweite Festelektrolytkörper 6, 10 sind miteinander verbunden und umschließen einen auch als Gasraum 13 bezeichneten inneren Hohlraum 14. Dieser kann mit einem porösen Material 15 ganz gefüllt sein und enthält die zweite und die dritte Elektrode 8, 11. Der innere Hohlraum 14 steht über einen teilweise mit einer porösen Füllung 16 beschichteten Gaszutrittskanal 17 mit dem Meßgasraum 19 in Verbindung. Über der Gaszutrittsöffnung 18 ist eine Abdeckung 20 angebracht, die Teil einer porösen Schutzschicht 21 sein kann, die eine dem Meßgasraum 19 zugewandte Fläche 22 des ersten Festelektrolytkörpers 6 und somit auch die erste Elektrode 7 der Pumpzelle 5 bedeckt.

Der zweite Festelektrolytkörper 10 weist einen Referenzgasraum 23 auf. In diesem ist die vierte Elektrode 12 angebracht, die einem auch als Referenzgas bezeichneten Vergleichsgas ausgesetzt ist. Das Meßgas aus dem Meßgasraum 19 gelangt über die Gaszutrittsöffnung 18 und den Gaszutrittskanal 17 in den inneren Hohlraum 14, wobei mittels einer an der ersten und die zweite Elektrode 7, 8 der Pumpzelle 5 angelegte Pumpspannung durch Zupumpen oder Abpumpen von Sauerstoff ein kontrollierter Partialdruck eingestellt wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Gaspartialdrücke in dem Gasraum 13 und dem im zweiten Festelektrolytkörper 10 angeordnetem Referenzgasraum 23 stellt sich ein elektrochemischer Potentialunterschied zwischen der dritten und der vierten Elektrode 11, 12 des zweiten Festelektrolytkörpers 10 ein, der durch ein außerhalb des elektrochemischen Elements liegendes Spannungsmeßgerät 4 erfaßt wird. Selbstverständlich kann auch eine Auswerteeinrichtung vorgesehen sein, die den Potentialunterschied erfaßt.

Die Abdeckung 20 und der darunter befindliche Hohlraum 24 verhindern ein Eindringen von im Meßgas enthaltenen flüssigen Anteilen, beispielsweise Benzin, über die Gaszutrittsöffnung 18 und den Gaszutrittskanal 17 in den Gasraum 13. Die Abdeckung 20 ist als Teil der porösen Schutzschicht 21 ausgeführt, die auf der dem Meßgasraum 19 zugewandten Fläche 22 des ersten Festelektrolytkörpers 6 angebracht ist.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist auf der dem Meßgasraum 19 zugewandten Seite der Schutzschicht 21

eine Schicht 25 aufgebracht, deren Dicke vorzugsweise 20 µm beträgt. Diese Schicht 25 weist gegenüber der Schutzschicht 21 eine höhere Dichte beziehungsweise geringere Porosität auf. Dadurch wird erreicht, daß der Zutritt des Meßgases aus dem Meßgasraum 19 verzögert wird, so daß das Meßgas verzögert zur auch als Außenpumpelektrode bezeichneter Gaszutriffs zur Elektrode 7 nicht erheblich früher als zur auch als Innenpumpelektrode bezeichneten zweiten Elektrode 8 erfolgt. Die Schicht 25 beziehungsweise ihre Dichte, kann dabei so gewählt werden, daß der Gaszutritt zur ersten Elektrode 7 im wesentlichen gleichzeitig zum Gaszutritt an die zweite Elektrode 8 erfolgt. Dadurch wird die Lambda=1-Welligkeit im wesentlichen vermieden oder sogar ganz verhindert.

In bevorzugter Ausführungsform wird die Schicht 25 durch eine dichtgesinterte Zirkondioxid-Schicht gebildet. Die Schicht 25 überdeckt also die Schutzschicht 21 vollständig. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, daß die Schicht 25 eine Öffnung aufweist, so daß die Abdeckung 20 der Gaszutriffsöffnung 18 nicht überdeckt wird.

In Fig. 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel des Elements 2 wiedergegeben. Es unterscheidet sich gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 lediglich dadurch, daß die Schicht 25 Bestandteil der Schutzschicht 21 ist. Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, daß die Schutzschicht 21 und die Schicht 25 aus demselben Material, beispielsweise Zirkondioxid, gebildet sind. Die Schutzschicht 21 und die Schicht 25 weisen bei diesem Ausführungsbeispiel dieselbe Dichte beziehungsweise Porosität auf, die vorzugsweise die der Schicht 25 im ersten Ausführungsbeispiel entspricht. Es kann also dichtgesintertes Zirkondioxid vorgesehen sein. Damit der Gaszutritt zur ersten Elektrode 7 nicht übermäßig verzögert wird, kann die Dicke der Schicht 25 beziehungsweise Schutzschicht 21 variiert werden. Die Schicht 25 beziehungsweise Schutzschicht 21 übernimmt im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 mehrere Funktionen. Einerseits bildet sie eine Barriere für im Meßgas enthaltene flüssige Anteile. Andererseits ermöglicht sie den verzögerten Gaszutritt zur ersten Elektrode 7. Schließlich verhindert sie die durch Abgasbestandteile bedingte Elektrodenalterung.

#### Patentansprüche

1. Elektrochemischer Meßfühler zum Bestimmen einer Gaskonzentration eines Meßgases mit einem elektrochemischen Element, umfassend einen ersten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Pumpelektrode und einer ersten und einer zweiten Elektrode und mit einem Gasraum, der über eine Gaszutriffsöffnung mit dem Meßgasraum verbunden ist und in dem eine der beiden Elektroden angeordnet ist, und umfassend einen zweiten Festelektrolytkörper mit einer elektrochemischen Sensorzelle (Nernstzelle) und einer dritten und einer vierten Elektrode, wobei die dem Meßgasraum zugewandte Fläche des ersten Festelektrolytkörpers und die Gaszutriffsöffnung von einer porösen Schutzschicht bedeckt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der porösen Schutzschicht (21) eine Schicht (25) zugeordnet ist, die gegenüber der Schutzschicht (21) eine höhere Dichte oder eine geringere Porosität aufweist.
2. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (25) und die Schutzschicht (21) dieselbe höhere Dichte beziehungsweise Porosität aufweisen.
3. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (25) auf der

Schutzschicht (21) angeordnet und dem Meßgasraum (19) zugewandt ist.

4. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (25) aus Zirkondioxid besteht.

5. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszutriffsöffnung (18) mit einem Gaszutriffskanal (17) verbunden ist, der zumindest teilweise als Hohlraum (24) ausgebildet ist.

6. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszutriffsöffnung (18) mit einer porösen Abdeckung (20) überdeckt ist.

7. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse Abdeckung (20) Teil der porösen Schutzschicht (21; 25) ist.

8. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Gaszutriffskanal (17) teilweise mit einer porösen Füllung (16) gefüllt ist.

9. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasraum (13) mindestens teilweise mit einer porösen Füllung (15) gefüllt ist.

10. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasraum (13) keine poröse Füllung (15) enthält.

11. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrochemische Element (2), insbesondere dessen zweiter Festelektrolytkörper (10), einen inneren, ein Vergleichsgas enthaltenden Referenzgasraum (23) aufweist, wobei die vierte Elektrode (12) diesem Vergleichsgas ausgesetzt ist.

12. Elektrochemischer Meßfühler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasraum (13) als von dem ersten und dem zweiten Festelektrolytkörper (6; 10) umschlossener und mit einer porösen Füllung (15) zumindest teilweise gefüllter innerer Hohlraum (14) ausgebildet ist.

13. Elektrochemischer Meßfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Schicht (25) 20 µm beträgt.

14. Verwendung des elektrochemischen Meßfühlers nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Bestimmung des  $\lambda$ -Wertes von Gasgemischen in Verbrennungsmotoren.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

